

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-064965

(43)Date of publication of application : 06.03.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/66
G01N 37/00
// G01R 27/26

(21)Application number : 08-213588

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 13.08.1996

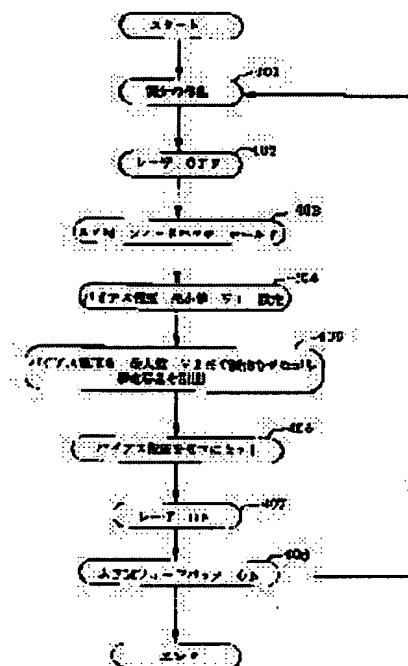
(72)Inventor : NAKAGIRI NOBUYUKI
YAMAMOTO TAKUMA
SUGIMURA HIROYUKI

(54) METHOD FOR MEASURING CAPACITANCE OF SAMPLE USING SCANNING CAPACITIVE MICROSCOPE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a measuring method for two-dimensionally and efficiently measuring doping information of a sample through the use of a scanning capacitive microscope even if the sample is such that charge is partially trapped.

SOLUTION: The probe of the scanning capacitive microscope is brought into contact with the surface of the semiconductor sample provided with an insulating film on the front surface and with an electrode on the rear surface so as to execute scanning (401). The tip of the probe is stopped at plural measuring points on the sample which are previously decided (402 and 403). At the respective stopped measuring points, bias voltage is applied between the electrode and the probe while it is changed in a previously decided and capacitance between the electrode and the probe is measured (404 and 405). The bias voltage dependence characteristic of capacitance at the plural measuring points of the sample is measured.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-64965

(43)公開日 平成10年(1998) 3 月 6 日

(51)Int.Cl. ⁹	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/66			H 0 1 L 21/66	L
G 0 1 N 37/00			G 0 1 N 37/00	H
// G 0 1 R 27/26			G 0 1 R 27/26	C

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平8-213588

(22)出願日 平成8年(1996) 8 月13日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 中桐 伸行

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72)発明者 山本 ▲琢▼磨

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72)発明者 杉村 博之

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74)代理人 弁理士 三品 岩男 (外1名)

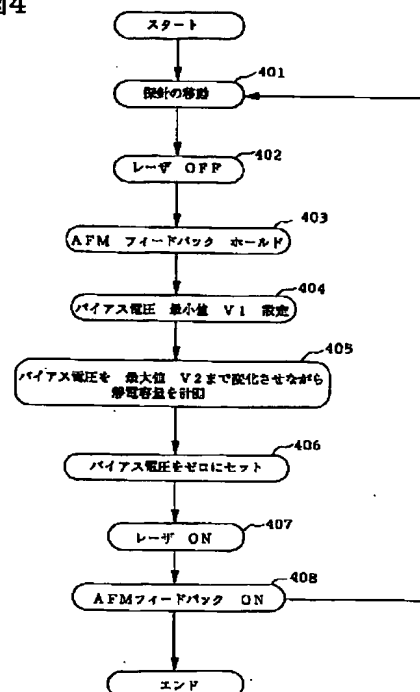
(54)【発明の名称】 走査型容量顕微鏡を用いた試料の静電容量の測定方法

(57)【要約】

【課題】部分的に電荷がトラップされている試料であっても、走査型容量顕微鏡を用いて、試料のドーピング情報を2次元的に、効率よく測定することのできる測定方法を提供する。

【解決手段】表面に絶縁膜を、裏面に電極を備える半導体試料の表面に、走査型容量顕微鏡の探針を接触させながら走査させ(401)、探針の先端を試料上の予め定めた複数の計測点の各点で停止させる(402、403)。停止させた各計測点において、電極と探針との間にバイアス電圧を予め定めた範囲で変化させながら印加し、前記電極と前記探針との間の静電容量を測定する(404、405)。これにより、試料の複数の計測点における静電容量のバイアス電圧依存特性を計測する。

図4



【特許請求の範囲】

【請求項1】表面に絶縁膜を、裏面に電極を備えた半導体試料の表面に、導電性の探針を接触させ、前記試料と前記探針との間の力を一定に保ちながら、前記探針の先端を前記試料上の予め定めた複数の計測点の一つまで相対的に走査させ、

前記計測点上に前記探針を停止させ、

前記電極と前記探針との間に、バイアス電圧を予め定めた範囲で変化させながら印加し、その間の前記電極と前記探針との間の静電容量を測定することにより、前記静電容量のバイアス電圧依存特性を計測し、

再び前記試料と前記探針との間の力を一定に保ちながら、前記探針の先端を前記試料上の予め定めた複数の計測点のうちの次の計測点まで相対的に走査させて停止させ、前記電極と前記探針との間に、バイアス電圧を予め定めた範囲で変化させながら印加し、前記電極と前記探針との間の静電容量を測定することを繰り返し行うことにより、前記試料上の予め定めた複数の計測点において静電容量のバイアス電圧依存特性を計測することを特徴とする走査型容量顕微鏡を用いた静電容量の測定方法。

【請求項2】請求項1において、前記各計測点について、静電容量の最大値と最小値との差を前記静電容量のバイアス電圧依存特性から求め、求めた差と前記各計測点の位置とを対応させることにより、前記試料上での前記差の分布を表す2次元画像を作成し、表示させることを特徴とする走査型容量顕微鏡を用いた静電容量の測定方法。

【請求項3】請求項1において、前記静電容量のバイアス電圧依存特性を計測するために、前記バイアス電圧とともに、予め定めた周波数の交流電圧を前記電極と前記探針との間に印加し、前記電極と前記探針との間の静電容量の、前記周波数と同じ周波数成分の変化量を検出することにより、 dC/dV （ただし、 C は前記静電容量、 V は、前記バイアス電圧を表す）のバイアス電圧依存特性を計測し、これを積分することにより静電容量のバイアス電圧依存特性を得ることを特徴とする走査型容量顕微鏡を用いた静電容量の測定方法。

【請求項4】請求項1において、前記試料と前記探針との間の力を一定に保つために、前記探針に加わる力を測定し、前記力が一定になるように前記試料を前記探針に対して相対的に上下方向に移動させることを特徴とする走査型容量顕微鏡を用いた静電容量の測定方法。

【請求項5】請求項4において、前記試料の上下方向の移動量と、前記探針の先端の走査量とを対応させることにより、前記試料表面の形状を表す2次元画像を作成し、表示させることを特徴とする走査型容量顕微鏡を用いた静電容量の測定方法。

【請求項6】請求項4において、前記探針に加わる力を測定するために、前記探針としてカンチレバー付きのものをを用い、前記カンチレバーに光を照射して反射光を検

出することにより、前記カンチレバーのたわみ量を検出することを特徴とする走査型容量顕微鏡を用いた静電容量の測定方法。

【請求項7】請求項6において、前記電極と前記探針との間の静電容量を測定する間、前記カンチレバーへの光の照射を停止することを特徴とする走査型容量顕微鏡を用いた静電容量の測定方法。

【請求項8】表面に絶縁膜を、裏面に電極を備える半導体試料の表面に、走査型容量顕微鏡の探針を接触させながら走査させ、前記探針の先端を試料上の予め定めた複数の計測点の各点で停止させ、

停止させた各計測点において、前記電極と前記探針との間にバイアス電圧を予め定めた範囲で変化させながら印加し、前記電極と前記探針との間の静電容量を測定することにより、前記試料の複数の計測点における静電容量のバイアス電圧依存特性を計測することを特徴とする走査型容量顕微鏡を用いた静電容量の測定方法。

【請求項9】試料を搭載するための試料台と、導電性の探針と、前記探針を前記試料に対して相対的に走査させる走査手段、前記探針と前記試料との間の力を検出し、前記力を一定に保つために前記試料を前記探針に対して上下方向に相対的に移動させる力保持手段と、前記探針と試料との間にバイアス電圧を印加するバイアス電圧印加手段と、前記探針と試料との間の静電容量を測定する静電容量測定手段と、制御手段とを有し、

前記制御手段は、

前記力保持手段に、前記試料と前記探針との間の力を一定に保持させながら、前記走査手段に、前記探針の先端を前記試料上の予め定めた複数の計測点の一つまで相対的に走査させて、探針の先端を前記計測点上に停止させるよう指示し、前記バイアス電圧印加手段に、前記電極と前記探針との間にバイアス電圧を予め定めた範囲で変化させながら印加させ、その間の前記電極と前記探針との間の静電容量を前記静電容量測定手段に測定させることにより、前記静電容量のバイアス電圧依存特性を計測させることを繰り返し指示することにより、前記試料上の予め定めた複数の計測点について静電容量のバイアス電圧依存特性を計測させることを特徴とする走査型容量顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、走査型容量顕微鏡（SCAM: Scanning Capacitance Microscopy）や走査型力顕微鏡（SFM: Scanning Force Microscopy）を用いて半導体試料の電気特性を測定し、半導体試料表面での前記電気特性の2次元マップを得るための方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】特公平7-32177号公報には、イオン注入を施したシリコンの注入原子の濃度分布、すなわ

ち、ドーピングプロファイルを、走査型容量顕微鏡によって2次元的に計測することが記載されている。具体的には、ドーピングを施された半導体試料にバイアス電圧や交流電圧を印加し、探針と試料との間の静電容量を計測しながら、探針を試料上で2次元的に移動させる方法が記載されている。この方法では、探針を振動させ、この振動周波数や振幅が一定となるように探針と試料との間隔を制御することにより、探針を試料に接触させないで両者の間隔を一定に保つノンコンタクトモードで測定を行っている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】探針により試料表面を走査させながら探針と試料との間の静電容量の計測を行う場合には、一般的には、試料に印加するバイアス電圧を一定に保持した状態で測定する方法が用いられている。というのは、測定途中でバイアス電圧を変化させると、バイアス電圧の変化によって探針が試料表面に引きつけられる力が変化するため、ノンコンタクトモードでは、探針と試料との間隔を制御するのが困難になるためである。また、探針が試料表面に引きつけられる力が変化すると、両者の間隔が変化し、静電容量も変化するため、測定により得られた静電容量の変化が、間隔の変化によるものか、試料のドーピング量の変化によるものかを解析によって分離しなければならない。そのため、信号処理が複雑になるという問題も生じる。

【0004】一方、上述のような一定のバイアス電圧による測定方法は、理想的な試料の場合には、試料のドーピングプロファイルを測定することが可能であるが、試料表面や試料内部や試料内の界面に、電荷がトラップされている領域が存在する場合には、ドーピングプロファイルを測定することが困難である。その理由は、電荷がトラップされている領域の静電容量のバイアス電圧依存曲線は、図2のように電荷のトラップの有無により、バイアス電圧軸に平行にシフトするためである。そのため、測定結果から、電荷のトラップによる静電容量の変化と、ドーピング量の変化による静電容量の変化とを分離する必要があるが、両者を分離するのは非常に困難である。

【0005】本発明は、部分的に電荷がトラップされている試料であっても、走査型容量顕微鏡を用いて、試料のドーピング情報を2次元的に、効率よく測定することのできる測定方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明によれば、以下のような測定方法が提供される。

【0007】すなわち、表面に絶縁膜を、裏面に電極を備えた半導体試料の表面に、導電性の探針を接触させ、前記試料と前記探針との間の力を一定に保ちながら、前記探針の先端を前記試料上の予め定めた複数の計測点の

一つまで相対的に走査させ、前記計測点上に前記探針を停止させ、前記電極と前記探針との間に、バイアス電圧を予め定めた範囲で変化させながら印加し、その間の前記電極と前記探針との間の静電容量を測定することにより、前記静電容量のバイアス電圧依存特性を計測し、再び前記試料と前記探針との間の力を一定に保ちながら、前記探針の先端を前記試料上の予め定めた複数の計測点のうちの次の計測点まで相対的に走査させて停止させ、前記電極と前記探針との間に、バイアス電圧を予め定めた範囲で変化させながら印加し、前記電極と前記探針との間の静電容量を測定することを繰り返すことにより、前記試料上の予め定めた複数の計測点において静電容量のバイアス電圧依存特性を計測する走査型容量顕微鏡を用いた静電容量の測定方法である。

【0008】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。

【0009】まず、本実施の形態の測定に用いた走査型容量顕微鏡の構成について、図3を用いて説明する。

20 【0010】試料102は、図1のように表面に酸化シリコン膜11を備えたシリコン12である。シリコン12の裏面側には、電極膜13が形成されている。試料102は、図3のように試料台103により支持される。試料台103には、試料102をXYZ方向に駆動するためのピエゾアクチュエータ104が取り付けられている。ピエゾアクチュエータ104には、スキャナー駆動用アンプ401が接続されている。

30 【0011】また、導電性の探針14付きのカンチレバー101は、図1のように探針14の先端が試料102に接するように配置される。これは、探針14の先端を試料102の表面に接触させるコンタクトモードにより測定を行うためである。カンチレバー101の上部には、図3のように半導体レーザ201と2分割フォトダイオード203が配置されている。半導体レーザ201には、レーザ用電源202が接続されている。2分割フォトダイオード203には、信号処理装置204が接続されている。また、カンチレバー101には、キャパシタンスセンサー302が接続されている。キャパシタンスセンサー302の出力は、ロックインアンプ303に入力される。

40 【0012】試料102の電極膜13には、交流・直流電圧供給源301が接続される。交流・直流電圧供給源301は、キャパシタンスセンサー302にも接続され、参照信号を入力する。

50 【0013】レーザ用電源202、信号処理装置204、スキャナー駆動用アンプ104、交流・直流電圧供給源301、および、ロックインアンプ303は、A/D・D/A変換ボード503を介して、制御装置501に接続されている。また、制御装置501には、CRT502が接続されている。

【0014】制御装置501は、内蔵する記憶装置内のプログラムに従って、図4のフローチャートに示す手順で各部の動作を制御しながら、測定された信号を処理する。これにより、試料102上の予め定めた各点の静電容量を計測し、ドーピングプロファイルを作成し、CRT502に表示させる。

【0015】これを以下、図4のフローチャートに沿って説明する。

【0016】まず、制御装置501は、半導体レーザ201を点灯するために、レーザ用電源201に電圧を供給するように指示する制御信号を出力する。これにより、半導体レーザ201に電圧が供給されて（図5

(b)）、レーザ光が出射される。半導体レーザ201から出射した光は、カンチレバー101に照射され、反射光が2分割ホトダイオード203により受光される。2分割ホトダイオード203の出力信号は、信号処理装置204で処理され、A/D・D/A変換ボード503によりA/D変換されて、制御装置501に入力される。これにより、カンチレバー101のたわみ量が、光てこ法により検出される。制御装置501は、カンチレバー101のたわみ量を一定に保つように、試料102の高さ（Z方向）を調節するための電圧信号を形成し、A/D・D/A変換ボード503でD/A変換して、スキャナー駆動用アンプ401に出力する。スキャナー駆動用アンプ401は、この電圧信号を所定の倍率に増幅した後、ピエゾアクチュエータ104に印加することにより、試料102をZ方向に変位させる。これにより、カンチレバー101の探針14と試料102との間の力が一定に保たれる。

【0017】このようにカンチレバー101の探針14と試料102との間の力を一定に保った状態で、制御装置501は、試料102上の予め定めた複数の計測位置のうちの一つの位置Aまで、カンチレバー101の探針14を走査させる。このために、制御装置501は、試料102をX、Y軸方向に走査させるための電圧信号を形成し、A/D・D/A変換ボード503でD/A変換して、スキャナー駆動用アンプ401に供給する。スキャナー駆動用アンプ401は、この電圧信号を所定の倍率に増幅した後、ピエゾアクチュエータ104に印加する（図5(a)）。これにより、カンチレバー101の探針14の先端は、試料102上の位置Aに達する。制御装置501は、スキャナー駆動用アンプ401に、ピエゾアクチュエータ104のX、Y軸方向の走査のための電圧を保持させることにより、カンチレバー101の探針14の先端を位置Aに停止させる（図4のステップ401）。

【0018】所定の位置Aに達した時刻 t_1 で、制御装置501は、レーザ用電源202に電圧供給の停止を指示する制御信号を出力する。これにより、半導体レーザ201は消灯する（ステップ402）。また、制御装置

501は、スキャナー駆動用アンプ401に、試料102をZ方向に変位させるための電圧を時刻 t_1 の時点の電圧にホールドさせる（ステップ403）。これにより、カンチレバー101と試料102とのZ方向の位置関係がホールドされる。

【0019】つぎに、制御装置501は、バイアス電圧と交流電圧とを出力するよう交流・直流電圧供給源301に指示する。このとき、制御装置501は、バイアス電圧値として、最小値 V_1 を設定し、これを予め定めた時間の間に、最大値 V_2 まで直線的に変化させるように指示する。交流電圧の振幅および周波数は、予め定めた一定値とする。これにより、図5(c)のように時間 t から t_1' の間に最小値 V_1 から最大値 V_2 まで変化するバイアス電圧と、一定の周波数および振幅の交流電圧とが、試料102の裏面側の電極膜13に印加される（ステップ404、405）。なお、最小値 V_1 および最大値 V_2 は、図2の試料のC-V特性曲線のCの最大値と最小値とが測定できるように、予め定めた値である。ただし、 V_1 、 V_2 は、電荷のトラップによってC-V特性がシフトした場合にも、Cの最小値と最大値とが測定できるように、シフト量を考慮して定めている。

【0020】試料102の裏面側の電極膜13に電圧が印加されると、試料102と探針14とは、探針14をゲート電極、電極膜13をオーミック電極としたMOS構造を成す。例えば、電極膜13に-の電圧を印加すると、シリコン12がp型の場合、探針14直下のシリコン12に空乏層15が生じ、探針14と電極膜13との間の静電容量が減少する。この静電容量と印加電圧との関係、すなわちC-V特性は、酸化シリコン膜11の膜厚やシリコン12のドーピング密度に依存する。具体的には、ドーピング密度が高くなると、静電容量の最大値と最小値との差、すなわち静電容量の変化量は小さくなる。このC-V特性のドーピング依存性を利用すると、試料102の計測位置でのドーピング密度が得られる。

【0021】ステップ404、405で試料102の電極膜13に、最小値 V_1 から最大値 V_2 まで変化するバイアス電圧、および、交流電圧とが印加されている間、キャパシタンスセンサー302は、探針104と電極膜13との静電容量を検出する。ロックインアンプ303は、交流・直流電圧供給源301からの参照信号を用いて、キャパシタンスセンサー302が検出した静電容量のうち、試料102に印加された交流電圧と同じ周波数の信号の振幅を検出する。ロックインアンプ303の出力信号は、 dC/dV -V特性を表している。ロックインアンプ303の出力信号は、A/D・D/A変換ボード503によりA/D変換されて制御装置501に取り込まれ、試料102上の計測位置Aと対応して記憶される。

【0022】制御装置501は、バイアス電圧が最大値 V_2 に達した時間 t_1' において、交流・直流電圧供給

源301にバイアス電圧値ゼロを設定する(ステップ406)。そして、レーザ用電源202に図5(b)のように、再び電圧供給を指示し、半導体レーザ201を点灯させる。また、スキャナー駆動用アンプ401に、Z方向の位置のホールドを解除する。そして、信号処理装置204から得たカンチレバー101のたわみを表す信号から、試料102のZ方向に変位させるべき量を演算し、スキャナー駆動用アンプ401に出力する。これにより、カンチレバー101のたわみ量を一定に保つフィードバックが復活し、カンチレバー101と試料102との間の力を一定に保持することができる(ステップ408)以降、ステップ401~408に戻り、制御装置501は、探針14の先端を、試料102上の予め定めた次の計測位置に移動させ、探針14の位置をホールドし、バイアス電圧を最小値から最大値まで変化させながら、 $dC/dV-V$ 特性を測定するルーチンを繰り返す。これにより、試料102上の複数の計測位置の各位置での $dC/dV-V$ 特性のデータが得られる。

【0023】制御装置501は、計測が終了した後、予め定めた各計測位置での $dC/dV-V$ 特性データを積分することにより、各計測位置のC-V特性(図2)を求め、得られた静電容量の最大値と最小値との差を求めることにより、静電容量の変化量を求める。制御装置501は、各計測位置の静電容量の変化量と、試料102上の計測位置とを対応させることにより、静電容量の変位量の試料102上での分布を表す2次元画像を作成し、CRT502に表示させる。なお、試料102上の計測位置は、スキャナー駆動用アンプ401へ出力したXY軸方向への走査量から求める。

【0024】この静電容量の変化量は、試料102の計測位置でのドーピング密度に依存しているため、静電容量の変位量の分布画像により、ユーザは、試料上102上のドーピング密度の分布を知ることができる。

【0025】さらに、制御装置501は、スキャナー駆動用アンプ401へ出力したXY軸方向の走査量と、Z軸方向の変位量とを対応させることにより、試料102表面の凹凸画像を作成し、CRT502に表示させる。

【0026】本実施の形態の測定方法では、試料102上の各点で探針14を停止させてから、図2に示すように、広い範囲でバイアス電圧を変化させながらC-V特性を測定しているため、得られた静電容量の変化量は、電荷のトラップによるC-V特性のシフトの影響をうけておらず、試料102のドーピング密度のみに依存している。したがって、試料102に電荷がトラップされている領域が存在している場合にも、この影響を受けることなく、試料のドーピング密度の分布を精度よく検出することができる。

【0027】また、本実施の形態の測定方法では、試料上の計測点で探針を停止させている間、半導体レーザ201を消灯している。これにより、半導体レーザ201

のレーザ光の一部が試料102に照射されることにより、試料102に電荷が生じる等の測定条件の変化を回避することができる。よって、より精度よく、静電容量の変化量を測定することができる。

【0028】また、本実施の形態の測定方法では、カンチレバー101の探針14の先端を、試料102の表面に接触させるコンタクトモードで測定を行っているため、バイアス電圧を変化させても、ノンコンタクトモードのように探針14と試料102との間隔が変化しない。したがって、探針14と試料102との間隔の変化に伴う静電容量の変化を考慮する必要がなく、ロックインアンプ303の出力をそのまま積分するだけの簡単な信号処理で、ドーピング密度を検出することができる。しかも、本実施の形態では、同時に、コンスタントフォースモードによるSFM(走査型力顕微鏡)による試料表面形状を得ることができる。

【0029】このように、本実施の形態の測定方法では、コンタクトモードで探針を走査しながら、試料の各点で一旦停止させ、各点でバイアス電圧を変化させて $dC/dV-V$ 特性を測定する方法を用いることにより、部分的に電荷がトラップされている試料であっても、試料のドーピング密度分布を、高精度に、簡単な信号処理で、効率よく測定することができる。

【0030】なお、本実施の形態では、 $dC/dV-V$ 特性を測定している間、半導体レーザ201を消灯することにより、試料102へのレーザ光の一部が照射による計測条件の変化を防止しているが、半導体レーザ201を消灯する代わりに、シャッターを半導体レーザ201と試料102との間の光路に配置する等の手段により、レーザ光を遮る方法を用いることも可能である。

【0031】また、本実施の形態では、試料上の各計測点で、バイアス電圧を最小値から最大値まで複数回変化させることにより、C-V特性を複数回計測し、静電容量の変化量の平均値を求める構成にすることも可能である。これにより、さらに精度よく、静電容量の変化量を求めることができる。この場合、平均値を求めるためにボックスカー回路を用いることができる。

【0032】なお、バイアス電圧を変化させる方向は、最小値から最大値へ変化させる方向に限らず、最大値から最小値まで変化させることもできる。

【0033】また、本実施の形態では、制御装置501が、測定された $dC/dV-V$ 特性を積分することにより、C-V特性を求め、このC-V特性から静電容量の変化量をさらに求め、この分布を2次元画像としてCRT502に表示しているが、表示する物理量としては、静電容量の変化量に限らず、 $dC/dV-V$ 特性のピーク値等の別の物理量を表示することもできる。この場合、計測時に $dC/dV-V$ 特性の全体を計測しないで、ピーク値のみを計測することもできる。

【0034】

【発明の効果】上述してきたように、本発明によれば、走査型容量顕微鏡を用いて、部分的に電荷がトラップされている試料のドーピング情報を2次元的に、効率よく測定することのできる測定方法が提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の走査型容量顕微鏡を用いた静電容量の測定方法における探針14と試料102が構成するMOS構造を示す断面図。

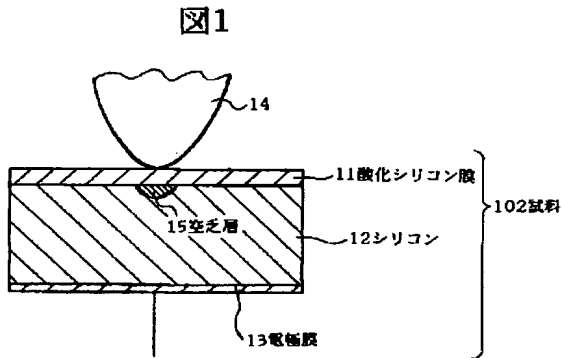
【図2】試料の静電容量のバイアス電圧曲線が、試料の電荷のトラップによりシフトすることを示すグラフ。

【図3】本発明の一実施の形態の測定方法で用いた走査型容量顕微鏡の構成を示すブロック図。

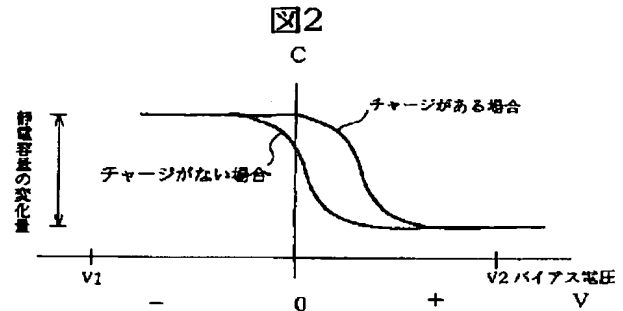
【図4】本発明の一実施の形態の測定方法において制御装置の制御手順を示すフローチャート。

【図5】本発明の一実施の形態の測定方法において、(a) ピエゾアクチュエータ104に印加される走査信

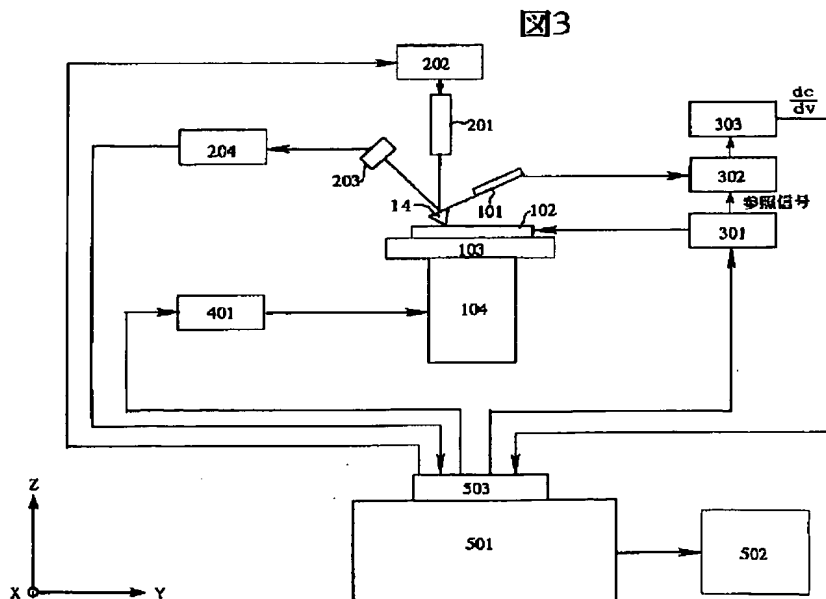
【図1】



【図2】

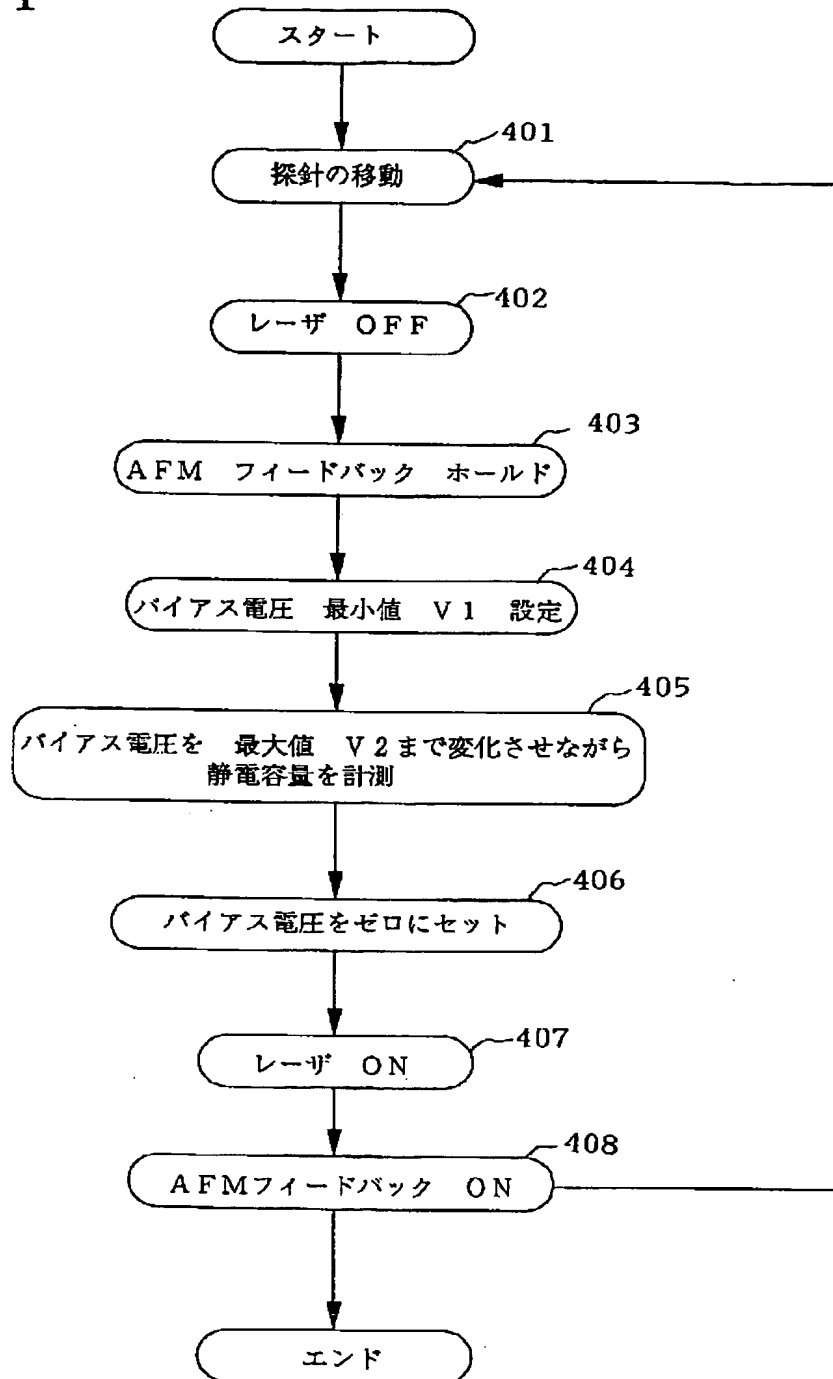


【図3】



【図4】

図4



【図5】

